干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000－6060.2019.04.02

巴音布鲁克近 58 a 气候变化特征分析①

刘濛濛[1]，隆永兰[1]
（巴音郭楞蒙古自治州气象局，新疆 库尔勒 841000）

摘 要： 对巴音布鲁克站点 1958—2015 年的月降水量、降水日数和平均气温进行集合经验模态分解得到其变化趋势，利用 Mann-Kendall 和累计距平法诊断突变点，并采用 Morlet 小波和 R/S 法分析其周期特征和未来变化趋势。结果显示：(1) 巴音布鲁克各月降水量 1 月、6 月和 11 月增多趋势显著，2 月、7 月和 12 月呈"凸"字形变化，减少趋势显著。(2) 降水日数 1 月和 9 月呈显著减少趋势，2 月和 6 月呈显著增加趋势，3 月和 11 月呈"凸"字形变化，5 月、7 月和 8 月呈不同幅度的"凹"字形变化。(3) 各月平均气温基本呈上升趋势，尤其以 5 月、7 月和 10 月升温最显著。(4) 年降水量、年降水日数和年平均气温分别在 1999 年、1993 年和 1997 年发生突变，年降水日数增多早于年降水量增多和年平均气温升高的时间，从 90 年代中期开始气候由干冷逐渐向暖湿转型。(5) 年降水量、年降水日数和年平均气温的主周期分别为 41 a、9 a 和 30 a。(6) 未来年降水量将增多，年降水日数将减少，年平均气温将升高，极端降水发生的频次将增大，易引发洪涝灾害。

关 键 词： 降水；气温；集合经验模态分解；Morlet 小波；重标极差分析法；巴音布鲁克
文章编号： 1000－6060(2019)04－0715－09(0715～0723)

近百年来地球气候系统正在经历一次以变暖为主的显著变化，气候变化不仅会影响自然环境和生态系统平衡，还会囿于社会经济发展及人类生活。因此气候变化在区域、国家乃至全球的可持续发展中发挥着不可替代的作用[1]。在全球气候变暖背景下，我国西北地区气候也发生了很大变化，由暖干向暖湿转型[2-3]。新疆气候变化与中国西北地区气候变化趋势基本一致，气候总体呈"暖湿化"趋势[4]。

随着全球气候变化加剧，新疆巴音布鲁克盆地的气候和环境也相应发生改变，这直接关系到该地区湿地及博斯腾湖的生存与消亡，对塔里木河下游的生态环境恢复也极为重要[5]；另外巴音布鲁克在水量调节和储水方面发挥着巨大作用，加强对其气候变化的分析和研究十分必要[6]。近年来，已有学者对巴音布鲁克山区的气候变化做过一些研究，如张一驰等[7]、陶辉等[8]分析了巴音布鲁克山区气温变化特征；王维霞等[9]分析得出巴音布鲁克山区气温显著上升，降水显著增加；周雪英等[10]研究指出巴音布鲁克山区年降水量和降水日数显著增加。上述研究采用的线性趋势分析法存在一定的局限性，本文在前人研究基础上，采用集合经验模态分解(EEMD)、Mann-Kendall、累计距平、Morle 小波分析法和重标极差分析法(R/S)等多种时间序列分析法，系统研究了巴音布鲁克多年降水和气温的变化趋势、突变点、周期特征及长程相依性，以其在丰富巴音布鲁克山区降水和气温研究成果的同时，为区域内农牧业生产及社会经济发展提供科学借鉴[11]。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

巴音布鲁克位于巴州和静县西北、天山山脉中部的山间盆地中，面积约 136 984 hm^2，该区域除西北部的巩乃斯沟受伊犁河谷地湿润气流的影响外，其余三面基本封闭，形成了独特的高寒山区气候，年平均气温为－4.6 ℃，极端最低气温－48 ℃，积雪日数多达 139.3 d，最大冻土深度 750 cm[12]。巴音布鲁克气象站地处 43°01′N、84°08′E，海拔 2 450 m。

① **收稿日期：** 2018－11－29； **修订日期：** 2019－04－01
基金项目： 中亚大气科学研究基金(CAAS201823)
作者简介： 刘濛濛(1967－)，女，工程师，现从事公众气象服务. E-mail：xxy51568@126.com

作为新疆最重要的畜牧业基地之一,巴音布鲁克草原地势平坦,拥有我国独特的高山湿地生态系统,由于受人类活动影响较小,保存了多种稀有物种,成为天鹅等野生动物理想的繁殖栖息地。

本文基于巴音布鲁克测站 1958—2015 年近 58 a逐月降水量、降水日数[13]及平均气温资料,采用 EEMD 法、Man-Kendall 和累计距平法分析历史气候变化趋势,利用 Morlet 小波分析法和 R/S 分析法识别其周期性和未来变化趋势。

1.2 研究方法

1.2.1 集合经验模态分解(EEMD) EEMD(Ensemble Empirical Mode decomposition)是近年发展起来的一种时间上局部自适应时间序列分析技术,对信号处理效果极佳,适用于分析非线性、非平稳时间序列[14],在气象领域也得到了成熟运用[15-19]。本文 EEMD 过程每次添加白噪声的振幅为合成序列标准差的 20% ,集合平均次数为 200 次。对数据采用镜像拓延方法进行处理,以减小边界效应的影响[20]。

1.2.2 R/S 分析法 R/S 分析法(Rescaled Range Analysis)是一种可以定量反映时间序列持续性的分析方法,其最大特点是无需假定 R/S 测度时间序列分布的特征[21]。基于 R/S 分析得到的 Hurst 指数大小能判断该时间序列是否存在明显趋势性成分和未来一定时期内的变化趋势。

(1)若 $H=0.5$,表明时间序列为没有时间相关性的随机时间系列曲线;

(2)若 $0.5<H<1$,表明时间序列具有正效应,且未来趋势与过去一致。H 愈接近 1,持续性愈强;

(3)若 $0\leqslant H<0.5$,表明时间序列具有负效应,且未来趋势与过去相反。H 愈接近 0,反持续性愈强。

1.2.3 Morlet 小波分析法 小波分析在时域和频域两方面都具有良好的局部化功能,能揭示时间序列的多尺度变化特征,识别不同时间尺度的主要变化周期[22]。Morlet 小波定义如下:

$$W_f(a,b)=\frac{1}{\sqrt{a}}\int_R f(t)\psi\left(\frac{1-b}{a}\right)\mathrm{d}t \qquad (1)$$

$$\psi(t')=\frac{1}{\sqrt{a}}\mathrm{e}^{ict'-t'^2/2} \qquad (2)$$

式中:$W_f(a,b)$ 为小波系数;$a>0$ 为尺度参数;b 为时间位置参数;$\psi(t')$ 为 Morlet 小波函数;$t'=\frac{t-b}{a}$;i 为虚部;c 为常数。

小波方差为:

$$Var(a)=\sum[W_j(a,b)]^2 \qquad (3)$$

2 结果分析

2.1 降水变化特征分析

2.1.1 降水变化趋势分析 对巴音布鲁克各月降水量采用 EEMD 分解(图 1a),实线表示变化趋势,虚线表示多年平均值。1958—2015 年的降水量在 1 月、4 月、6 月、10 月和 11 月份基本呈增多趋势;2 月、3 月、7 月和 12 月份呈先增多后减少的“凸”字形变化,7 月在 1993 年之后明显减少;8 月在 1983 年之前减少趋势比 1983 年之后增加趋势明显,9 月在 1993 年之后增加趋势比 1993 年之前减少趋势更显著;5 月呈正弦波动略有增加。

从图 1b 可以看出 1958—2015 年巴音布鲁克各月降水日数在 1 月和 9 月显著减少;2 月和 6 月显著增加;3 月和 11 月呈“凸”字形变化;4 月、10 月和 12 月变化不明显;5 月、7 月和 8 月呈“凹”字形变化。

上述分析表明:近 58 a 巴音布鲁克月降水量 1 月、6 月和 11 月明显增多,2 月、7 月和 12 月减少显著;月降水日数 2 月和 6 月显著增加,1 月和 9 月明显减少。

2.1.2 降水突变趋势分析 巴音布鲁克年降水量累积距平呈“V”字形趋势(图 2a),说明年降水量经历了减少—增多的过程,突变发生在 1998 年前后;图 2b 显示巴音布鲁克年降水量在 1999 年 *UF* 与 *UB* 曲线相交,2000—2005 年 *UF* 曲线在置信区间内与 *UB* 曲线有两个相交点。综上,巴音布鲁克年降水量在 1999 年由减少向增多突变,表明气候由干向湿转型。

巴音布鲁克年降水日数累积距平与降水量类似呈“V”字形趋势(图 2c),突变发生在 1993 年前后;图 2d 显示,巴音布鲁克年降水日数 1958—1994 年 *UF* 曲线波动上升,1993 年 *UF* 曲线在置信区间内与 *UB* 曲线相交。综上,巴音布鲁克年降水日数在 1993 年由减少向增多突变,年降水日数增多突变时间比年降水量增多突变时间提早约 6 a。

2.1.3 降水周期变化分析 Morlet小波实部图能

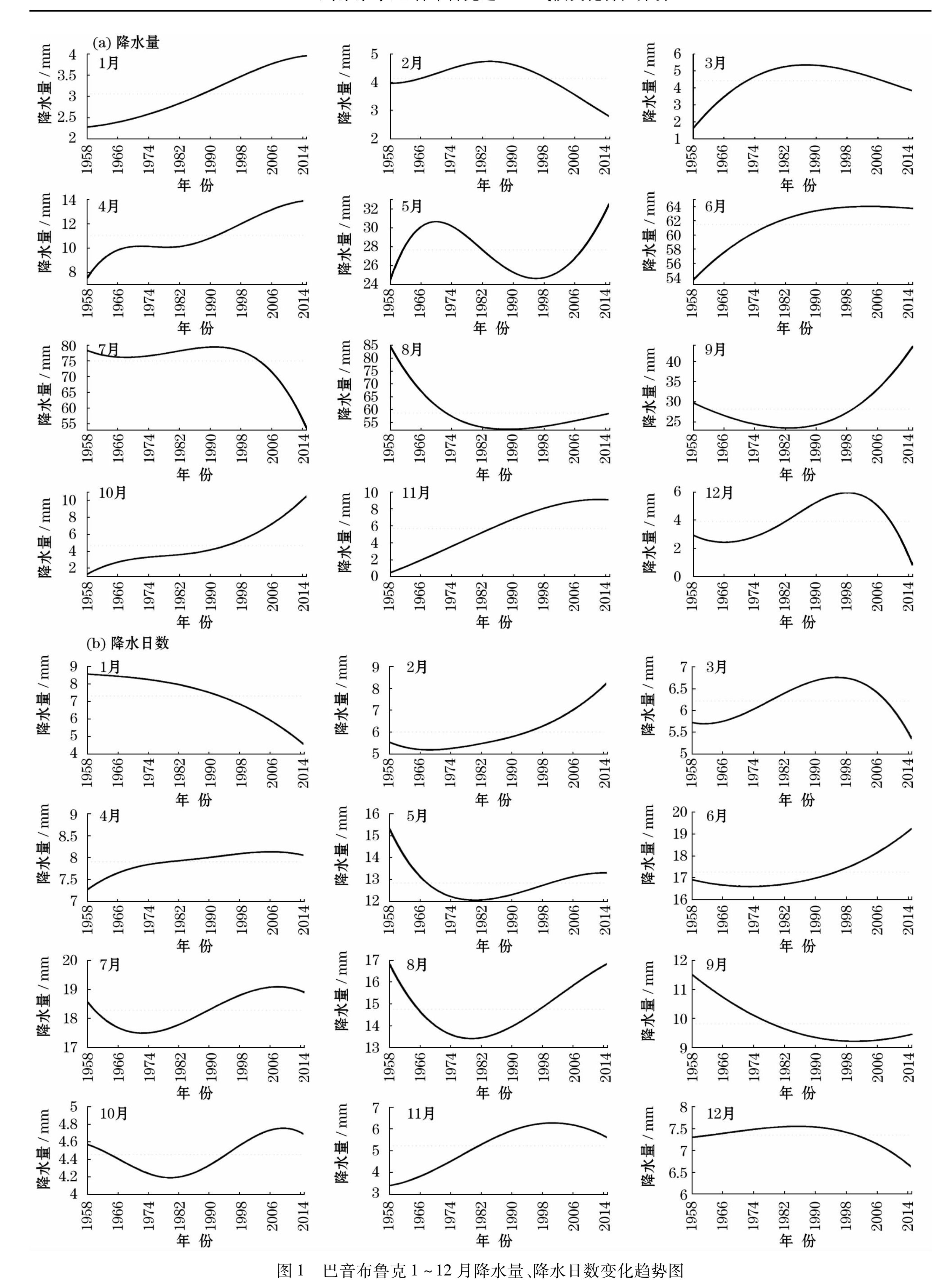


图 1　巴音布鲁克 1～12 月降水量、降水日数变化趋势图

Fig. 1　Monthly trends of precipitation and precipitation days in Bayinbuluk

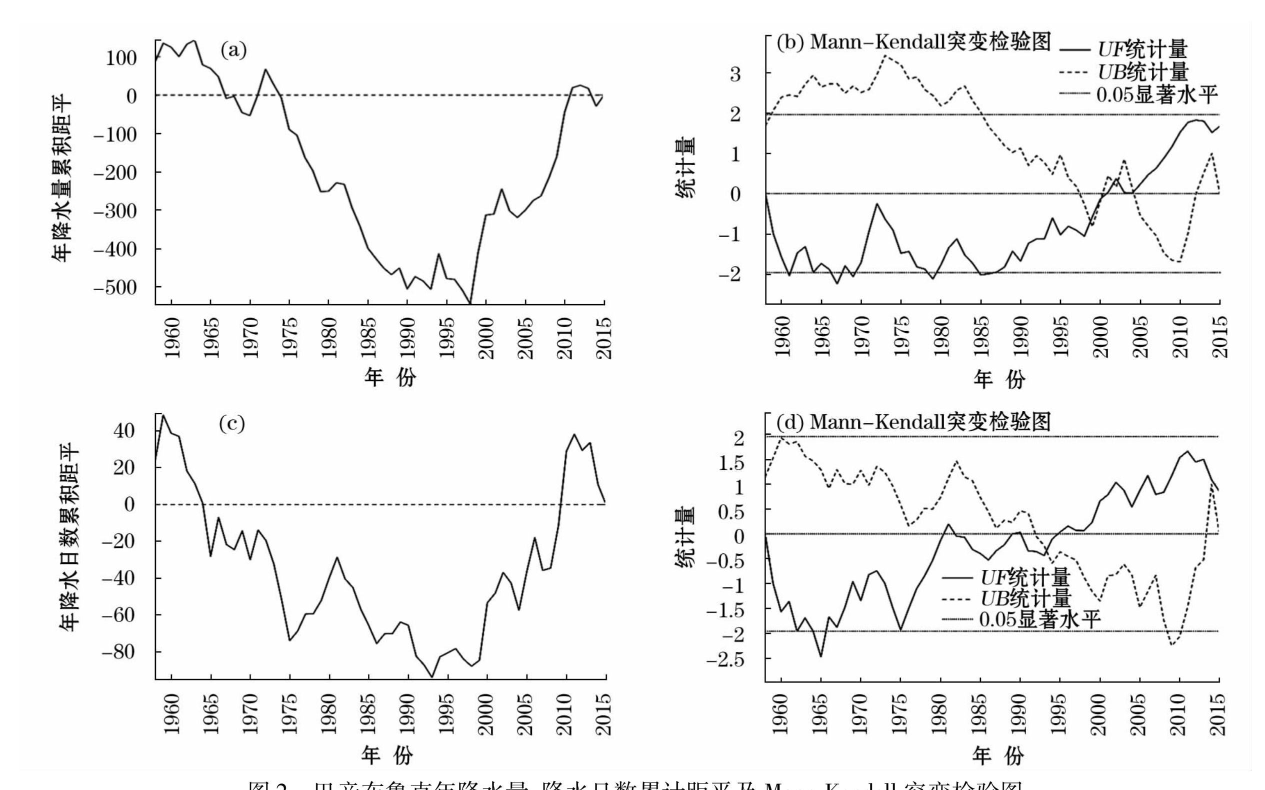


图 2　巴音布鲁克年降水量、降水日数累计距平及 Mann-Kendall 突变检验图

Fig. 2　Cumulative curve (a) and Mann-Kendall test (b) of annual precipitation in Bayinbuluk and cumulative curve (c) and Mann-Kendall test (d) of annual precipitation days in Bayinbuluk

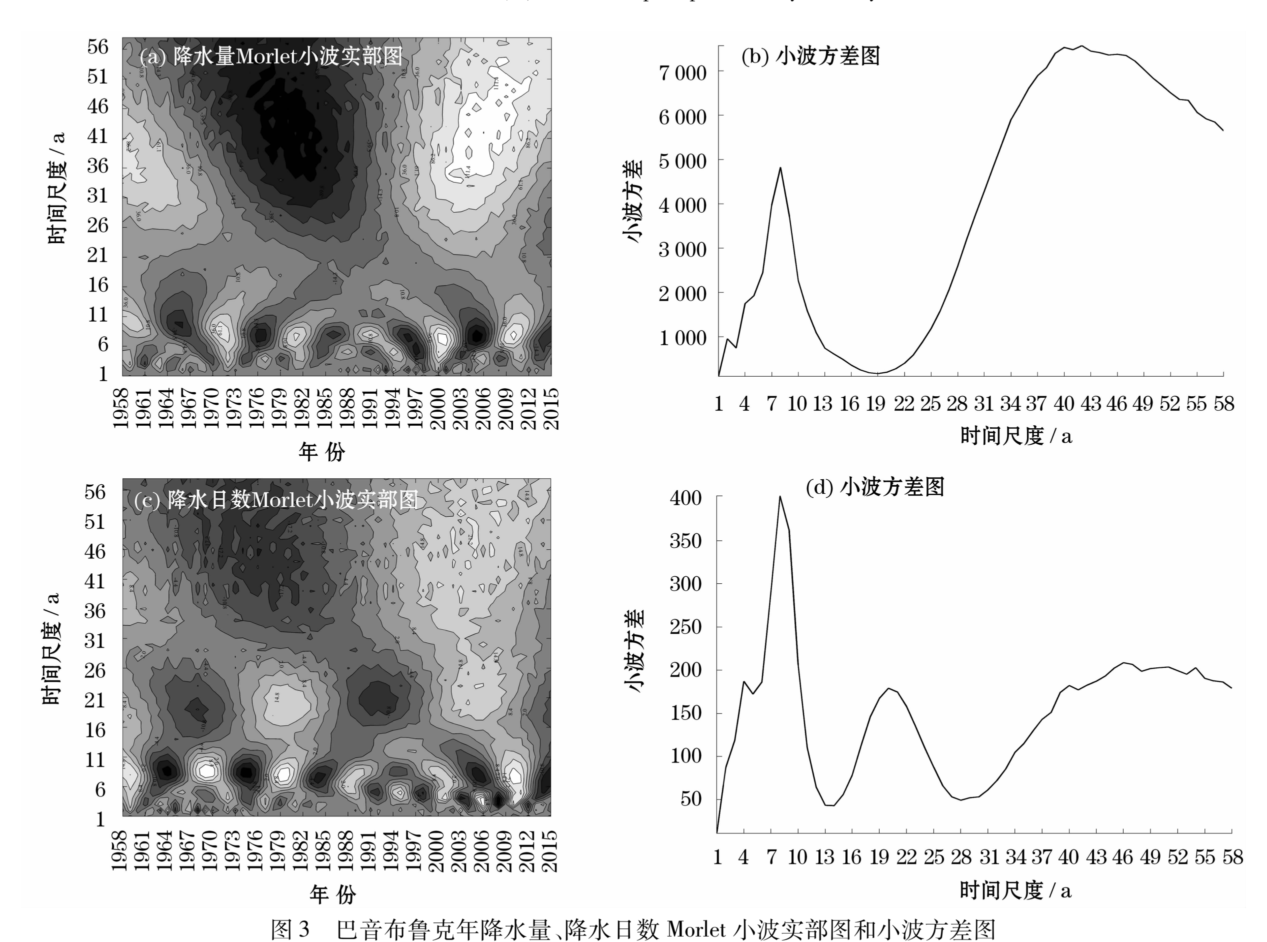


图 3　巴音布鲁克年降水量、降水日数 Morlet 小波实部图和小波方差图

Fig. 3　Morlet wavelet real part diagram (a) and variance diagram (b) of annual precipitation in Bayinbuluk and morlet wavelet real part diagram (c) and variance diagram (d) of annual precipitation days in Bayinbuluk

够反映出气候序列的多时间尺度变化,小波方差图能呈现序列变化的干扰强度及主周期[20]。从巴音布鲁克年降水量 Morlet 小波分析结果(图 3a)看,年降水量呈周期交替振荡变化,中心尺度主要为 36 ~ 46 a 和 4 ~ 10 a。在 36 ~ 46 a 尺度上,2000s 后的周期震荡仍未闭合,说明现阶段年降水量仍将持续增多。在 4 ~ 10 a 尺度上年降水量经历了 6 个丰枯交替变化过程;小波方差图(图 3b)存在 2 个明显峰值点,其中 41 a 是年降水量的主周期,8 a 为次周期。

巴音布鲁克年降水日数周期交替震荡变化十分强烈(图 3c)。大尺度对应年代际变化,中心尺度主要为 16 ~ 21 a,震荡中心分别位于 1960s 末期、1970s 末期、1990s 初期和 2000s 中后期。小尺度中心主要为 5 ~ 10 a,在该尺度上年降水日数经历了由多到少 6 个交替的变化过程;小波方差图上(图 3d),9 a 是年降水日数的主周期,20 a 为次周期。

上述分析表明:近 58 a 来,巴音布鲁克山区年降水量的主周期为 41 a,次周期为 8 a;降水日数的主周期为 9 a,次周期为 20 a。

2.2 气温变化特征分析

2.2.1 气温变化趋势分析 巴音布鲁克 1958—2015 年月平均气温除 3 月和 12 月下降明显之外,其他各月平均气温基本呈升温趋势(图 4),其中 5 月、7 月和 10 月升温尤为显著;1 月和 2 月呈“凹”字形先降后升,且 1985 年之前下降趋势和 1985 年之后上升的趋势同样显著。

2.2.2 气温突变趋势分析 巴音布鲁克年平均气温累积距平为“V”字形趋势(图 5a),年平均气温经历了降温—升温的过程,突变发生在 1996 年前后;图 6b 显示,巴音布鲁克年平均气温 1958—1975 年 *UF* 曲线波动上升,1975—1989 年持续下降,1989—1997 年 *UF* 曲线在置信区间内与 *UB* 曲线相交,之后持续上升。综上,判断巴音布鲁克年平均气温在 1997年由下降向上升转变,说明巴音布鲁克气候在

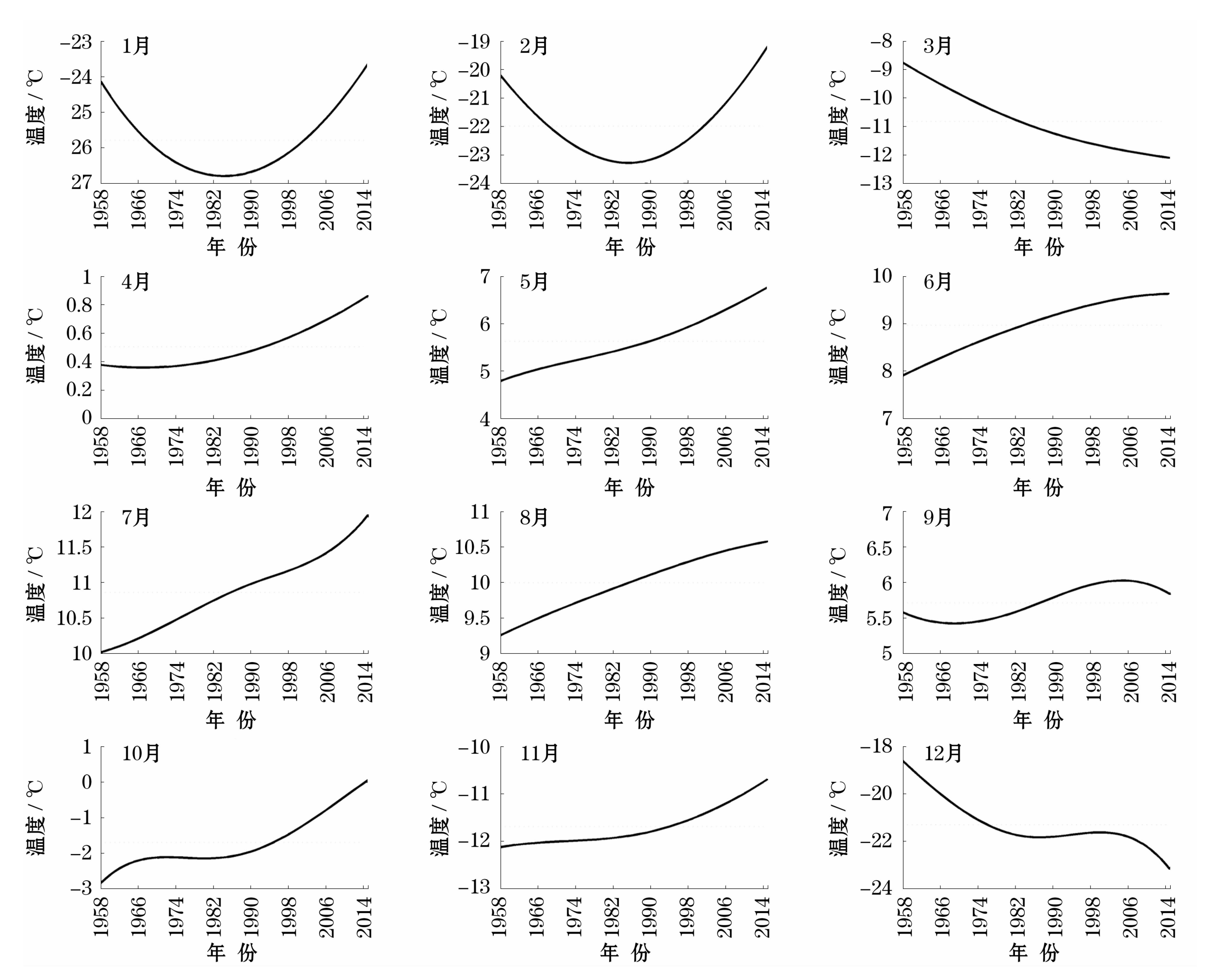


图 4 巴音布鲁克各月平均气温趋势变化图

Fig. 4 Monthly average temperature trend chart in Bayinbuluk

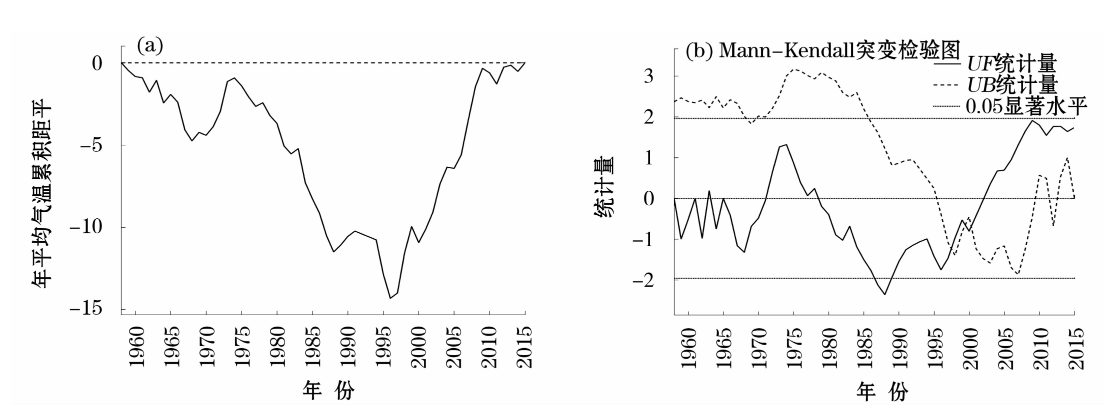


图 5 巴音布鲁克年平均气温累计距平和 Mann-Kendall 突变检验图

Fig. 5 Cumulative curve (a) and Mann-Kendall test (b) of annual average temperature in Bayinbuluk

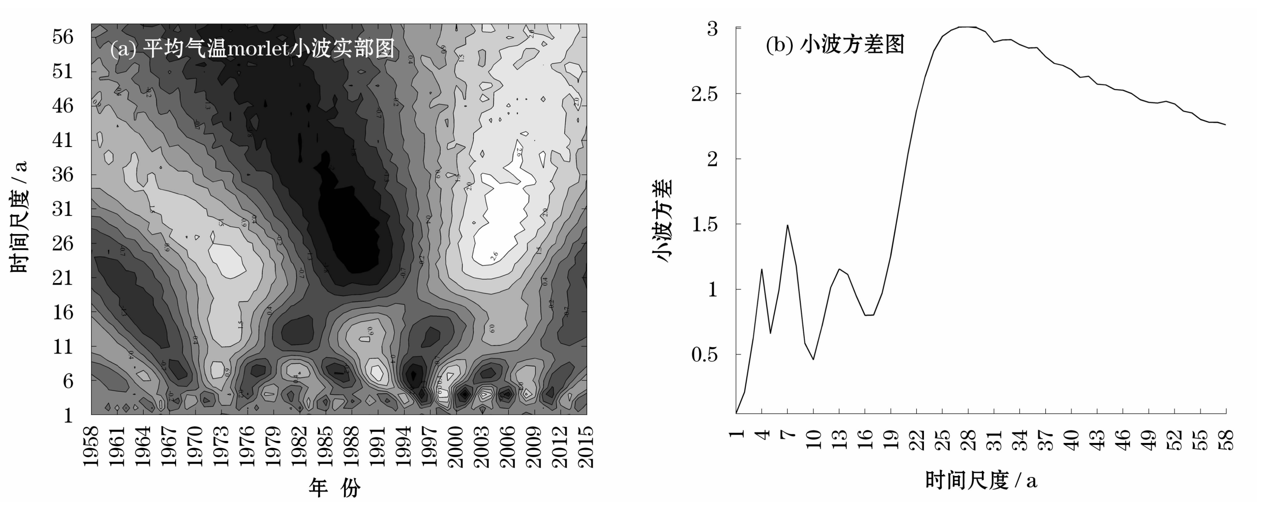


图 6 巴音布鲁克年平均气温 Morlet 小波实部图和小波方差图

Fig. 6 Morlet wavelet real part diagram (a) and variance diagram (b) of annual average temperature in Bayinbuluk

1997 年发生了由冷向暖的转变。

2.2.3 气温周期变化分析 图 6a 显示,巴音布鲁克年平均气温的大尺度中心主要为 21 ~ 34 a,该尺度上震荡中心分别位于 1960s 末期、1970s 初期、1980s 末期和 2000s 中期,并且 2000s 后的周期震荡仍未闭合,说明现阶段年平均气温仍将持续上升。小尺度中心主要为 5 ~ 13 a,在该尺度上年平均气温经历了由下降到上升的 6 个交替的变化过程;小波方差图(图 6b)存在 4 个明显的峰值点,其中 30 a 是年平均气温的主周期,次周期为 5 a、8 a 和 14 a。

2.3 未来气候变化趋势分析

基于 R/S 分析法,得到 1958—2015 年巴音布鲁克各月的降水量、降水日数、平均温度 Hurst 指数以及年 Hurst 指数。从表 1 可看出,降水量在 3 月、4 月、6 月和 9 月的 *H* 值小于 0.5,结合图 1a 可知 3 月降水量将会增加,4 月、6 月和 9 月将会减少;其余月份的降水量 *H* 值均大于 0.5,结合图 1a 可知 1 月、5 月、8 月、10 月和 11 月将会持续增加,2 月、7 月和 12 月将会持续减少。全年降水量 *H* 值为 0.703,未来将会持续增加。

降水日数 3 月、4 月、8 月和 11 月的 *H* 值小于 0.5,结合图 1b 可知 3 月和 11 月降水日数将会增多,4 月和 8 月将会减少;其余月份的降水日数 *H* 值均大于 0.5,结合图 1b 可知 1 月、11 月和 12 月将会持续减少,2 月、5 月、6 月、7 月、9 月和 10 月将会持续增加。全年降水日数 *H* 值为 0.49,未来可能会持续减少。

平均气温只有 1 月的 *H* 值小于 0.5,结合图 4 可知,1 月平均气温将会下降;2 月、4 月、5 月和整个夏、秋季的月平均气温将持续上升,3 月和 12 月将持续下降。全年平均温度 *H* 值为 0.78,未来将会持续上升。

表 1　各月气候的 Hurst 指数

Tab. 1　Hurst index of each month's climate

气候要素	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
降水量 / mm	0.661	0.540	0.495	0.352	0.527	0.366	0.663	0.631	0.410	0.710	0.574	0.508	0.703
降水日数	0.524	0.509	0.465	0.302	0.542	0.511	0.571	0.493	0.745	0.580	0.446	0.532	0.490
平均气温 / ℃	0.486	0.573	0.540	0.563	0.598	0.871	0.664	0.786	0.699	0.576	0.523	0.501	0.780

3　讨 论

通过对巴音布鲁克近 58 a 降水和气温的变化特征分析表明,20 世纪 90 年代中期以后,巴音布鲁克气温升高、降水增多,气候由干冷向暖湿过渡,且未来暖湿气候特征还将持续,与张家宝等[4]研究的新疆气候总体呈" 暖湿化" 趋势结论一致。20 世纪 80 年代中期之前巴音布鲁克处于少降水时段,80 年代中期之后处于多降水时段与谢培等[23]研究结论一致。巴音布鲁克年降水日数发生突变增多的时间最早,其次是年平均气温突变升高,最后是年降水量突变增多,说明巴音布鲁克降水日数最先表现出对当地气候变化的响应。其次,巴音布鲁克在 3 月、5 月和 10 月降水增加明显,5 月、7 月和 10 月气温升高显著,这种暖湿配合有利于当地在暖季发生洪涝灾害。另外,巴音布鲁克在未来一段时期降水量将持续增多,但降水日数却有减少趋势,这势必造成极端降水增多的后果。对照表 1 发现未来巴音布鲁克降水量增多但降水日数减少的月份为 2 月、6 月、7 月和 9 月,这与周雪英等[10]研究指出巴音布鲁克冷季降水呈增多趋势,暖季降雨向极端化发展的趋势结论一致。并且未来 6 月、7 月、8 月和 9 月平均气温都有明显继续升高的趋势,因此会对旱涝灾害的发生有重要影响。综上,建议巴音布鲁克相关部门除了要在当地常规汛期做好防灾减灾工作外,还要在 2 月、6 月、7 月和 9 月提高风险防范意识、引起重视,灾前做好前期应对工作,及时通知当地居民,尽量减少损失。

4　结 论

(1) 近 58 a 巴音布鲁克降水量 1 月、6 月和 11 月显著增多,2 月、7 月和 12 月呈"凸"字形变化,减少显著;20 世纪 80 年代中期之前巴音布鲁克为少降水时段,80 年代中期之后为多降水时段;年降水量在 1999 年发生由减少到增多的突变,气候由干向湿转型;其主要变化周期为 8 a,未来年降水量将会持续增加。

(2) 近 58 a 巴音布鲁克降水日数 1 月和 9 月显著减少,2 月和 6 月显著增加,3 月和 11 月呈"凸"字形变化,5 月、7 月和 8 月呈"凹"字形变化;年降水日数在 1993 年发生了由减少到增多的突变;其主要变化周期为 9 a,未来年降水日数将会持续减少。

(3) 近 58 a 巴音布鲁克月平均气温基本呈上升趋势,5 月、7 月和 10 月升高最明显;20 世纪 70 年代末之前巴音布鲁克山区气候寒冷,之后逐渐趋于温暖,在 1997 年发生了由降低到上升的突变;其主要变化周期为 8 a,未来年平均气温将持续升高。

参考文献(References)

[1] 张建云,王国庆,贺瑞敏,等. 黄河中游水文变化趋势及其对气候变化的响应[J]. 水科学进展,2009,20(2):153 – 158. [ZHANG Jianyun, WANG Guoqing, HE Ruimin, et al. Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River Basin and its response to climate change[J]. Advances in Water Science,2009,20(2):153 – 158.]

[2] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊,等. 新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响[J]. 干旱区地理,2002,25(3):194 – 200. [HU Ruji, JIANG Fengqing, WANG Yajun, et al. A study on signals and effects of climatic pattern change from warm-dry to warm-wet in Xingjiang[J]. Arid Land Geography,2002,25(3):194 – 200.]

[3] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):152 – 164. [SHI Yafeng, SHEN Yongping, LI Dongliang. et al. Discussion on the present climatic change from warm-dry to warm-wet in northwest China[J]. Quatemary Sciences,2003,23(2):152 – 164.]

[4] 张家宝,史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京:气象出版社,2002. [ZHANG Jiabao, SHI Yuguang. Climate change and short-term climate prediction research in Xingjiang [M]. Beijing:China Meteorological Press,2002.]

[5] 姚俊强,杨青,韩雪云,等. 气候变化对天山山区高寒盆地水资源变化的影响——以巴音布鲁克盆地为例[J]. 干旱区研究,2016,33(6):1167 – 1173. [YAO Junqiang, YANG Qing, HAN Xueyun, et al. Impact of climate change on surface water resources in alpine basin in the Tianshan Mountains:A case study in the

Bayinbuluk Basin[J]. Arid Zone Research,2016,33(6):1167－1173.]

[6] 吴烨,巩庆,黄向春,等.巴音布鲁克高寒区气象观测资料分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(4):48－53.[WU Ye,GONG Qing,HUANG Xiangchun,et al. The analysis of meteorological observation in the alpine areas on the middle Tianshan Mountains of Xinjiang[J]. Desert and Oasis Meteorology,2017,11(4):48－53.]

[7] 张一驰,李宝林,程维明,等.开都河流域径流对气候变化的响应研究[J].资源科学,2004,26(6):69－76.[ZHANG Yichi,LI Baolin,CHENG Weiming,et al. Hydrological response of runoff to climate variation in Kaidu Catchment[J]. Resources Science,2004,26(6):69－76.]

[8] 陶辉,王国亚,邵春,等.开都河源区气候变化及径流响应[J].冰川冻土,2007,29(3):413－417.[TAO Hui,WANG Guoya,SHAO Chun,et al. Climate change and its effects on runoff at the headwater of Kaidu River[J]. Journal of Glacidogy and Geocryology,2007,29(3):413－417.]

[9] 王维霞,王秀君,姜逢清,等.开都河流域上下游过去50年气温降水变化特征分析[J].干旱区地理,2012,35(5):746－753.[WANG Weixia,WANG Xiujun,JIANG Fengqing,et al. Temperature and precipitation along the Kaidu River over the past 50 years[J]. Arid Land Geography,2012,35(5):746－753.]

[10] 周雪英,段均泽,李晓川,等.1960—2011年巴音布鲁克山区降水变化趋势与突变特征[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(5):19－24.[ZHOU Xueying,DUAN Junze,LI Xiaochuan,et al. Tendency and abrupt change of the precipitation in Bayinbuluk Mountains during 1960—2011[J]. Desert and Oasis Meteorology,2013,7(5):19－24.]

[11] 王晓莹,杨丹,邵银龙.南京市近60年气候变化特征分析[J/OL].水资源与水工程学报,2016,27(4):119－124.[WANG Xiaoying,YANG Dan,SHAO Yinlong. Analysis on climatic variation characteristics of Nanjing City during the past 60 years[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2016,27(4):119－124.]

[12] DONG L Q,ZHANG G X,XU Y J. Effects of climate change and human activities on runoff in the Nenjiang River Basin,northeast China[J]. Hydrology and Earth System Sciences,2012,9:11521－11549.

[13] 任小玢,董治宝,周正朝.近50年来四川盆地降水日数的时空变化特征[J].水土保持通报,2012,32(4):65－70.[REN Xiaobin,DONG Zhibao,ZHOU Zhengchao. Spatio-temporal variation of precipitation days of Sichuan Basin in nearly 50 years[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2012,32(4):65－70.]

[14] GUAN B T. Ensemble empirical mode decomposition for analyzing phonological responses to warming[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2014,194:1－7.

[15] RIVERA J A. PENALBA O C. Trends and spatial patterns of drought affected area in southern South America[J]. Climate,2014,2:264－278.

[16] CNOSSEN I,FRANZKE C. The role of the Sun in long-term change in the F2 peak ionosphere: New insights from EEMD and numerical modeling[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics,2014,119(10):8610－8623.

[17] QIAN C. On trend estimation and significance testing for non-Gaussian and serially dependent data:Quantifying the urbanization effect on trends in hot extremes in the megacity of Shanghai[J]. Climate Dynamics,2016,47(1/2):329－344.

[18] 吴燕锋,巴特尔·巴克,李维,等.基于EEMD的杜尚别市1950—2013年降水多尺度分析[J].干旱区资源与环境,2015,6:152－157.[WU Yanfeng,BAKE Batur,LI Wei,et al. Multi-scale fluctuation of precipitation in Dushanbe revealed by EEMD analysis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2015,6:152－157.]

[19] 任妍,赵巧华,刘濛濛.基于EEMD的新疆1971—2013年初、终霜日及霜期变化趋势分析[J].干旱区资源与环境,2017,31(7):133－138.[REN Yan,ZHAO Qiaohua,LIU Mengmeng. Regional features of the first frost dates,last frost dates and frosty variation trends over Xinjiang from 1971 to 2013[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2017,31(7):133－138.]

[20] FRANZKE C L E. Warming trends:Nonlinear climate change[J]. Nature Climate Change,2014,4(6):423－424.

[21] 潘国营,秦永泰,马亚芬,等.基于R/S和Morlet小波分析的丹河径流变化特征研究[J].水资源与水工程学报,2015,26(3):41－45,50.[PAN Guoying,QIN Yongtai,MA Yafen,et al. Research on variation characteristics of runoff in Danhe River Basin based on R/S and Morlet wavelet analysis[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2015,26(3):41－45,50.]

[22] 叶茂,张鹏,王炜,等.塔里木河流域上游三源流径流变化趋势分析[J].水资源与水工程学报,2010,21(5):10－14.[YE Mao,ZHANG Peng,WANG Wei,et al. Trend analysis of runoff variation in upper reaches of Tarim River Basin[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2010,21(5):10－14.]

[23] 谢培,顾艳玲,张玉虎,等.1961—2015年新疆降水及干旱特征分析[J].干旱区地理,2017,40(2):322－339.[XIE Pei,GU Yanling,ZHANG Yuhu,et al. Precipitation and drought characteristic in Xinjiang during 1961—2015[J]. Arid Land Geography,2017,40(2):322－339.]

Climatic variation characteristics in Bayinbuluk during the past 58 years

LIU Meng-meng[1], LONG Yong-lan[1]

(*Bayingolin Mongol Autonomous Prefecture Meteorological Bureau*, *Korla* 841000, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: Temperature and precipitation are the most basic meteorological elements. Recently, the northwest China is very sensitive to the climate change. Bayinbuluk grassland in Hejing County, Xinjiang, China has a unique alpine climate with a more pronounced response to climate change. Therefore, more and more meteorologists are attracted to study the trends of local temperature and precipitation. By using EEMD, the characteristics of precipitation, precipitation days and annual average temperature were analyzed based on long-term (from 1958 to 2015) monthly average temperature and monthly precipitation data from Bayinbuluk Meteorological Station. The Mann-Kendall and cumulative anomaly analysis methods were used to diagnose the mutation points. Meanwhile, based on Morlet wavelet analysis method and R/S analysis method, the periodic characteristics and long memory property were analyzed. It is found that the monthly precipitation in Bayinbuluk was increased significantly in January, June and November, and the changes in February, July and December displayed a "convex" shape. The monthly precipitation days showed a significant downward trend in January and September, with a significant increase in February and June, and a "convex" change in March and November, a "concave" change shape in May, July and August. The average temperature in each month was basically on rise, especially in May, July and October. There were big changes for the annual precipitation and annual precipitation days in 1999 and 1993, and big change for the annual mean air temperature occurred in 1997. In addition, the increase of the annual precipitation days happened earlier than the increase of the annual precipitation and the increase of the annual average temperature. Since the mid-1990s, Bayinbuluk's climate has shifted from dry and cold to warm and humid. The periodic oscillation of annual precipitation, annual precipitation days and annual average temperature were 41 a, 9 a and 30 a, respectively. Meanwhile, the Hurst exponents were obtained, which indicated that in the future annual precipitation and annual average temperature would be increased but annual precipitation days would be decreased. The frequency of extreme precipitation will be increased, which will easily lead to flood disasters.

Key words: precipitation; temperature; EEMD; Morlet wavelet; R/S; Bayinbuluk